

O USO DE SUBSOLO COMO SUBSTRATO PARA CONSTRUÇÃO DE BANHADOS COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS EMERGENTES SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

GIOVANNINI, S.G.T.* & MOTTA-MARQUES, D.M.L.**

*PPG-Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS
Caixa postal 15029, 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil.
E-mail: simonegt@via-rs.com.br

**Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS
Caixa postal 15029, 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil.
E-mail: david@if.ufrgs.br

RESUMO: O uso de subsolo como substrato para construção de banhados com macrófitas aquáticas emergentes sob diferentes regimes hídricos. Um solo úmido pode ser formado a partir de solos de terras altas e bem drenadas ao ser propiciada a condição de anaerobiose por inundação contínua. Solos erodidos, ou subsolos normalmente não são favoráveis a biota quando aerados, mas podem sê-lo quando alagados, tornando-se apropriados ao estabelecimento de vegetação de terras úmidas. Neste sentido o experimento testou a utilidade do horizonte B oriundo de um solo Podzólico Vermelho Amarelo (Hapludult) para a construção de banhados considerando-se que as condições de alagamento elevariam pH baixo, reduziriam o elevado e aumentariam a disponibilidade de fósforo (1 a 3ppm) deste substrato, assim como questionando-se se seriam limitantes os baixos teores de matéria orgânica e os altos teores de argilas ($0,62 \pm 0,13$, $36,6 \pm 5,21$, respectivamente) presentes neste. A resposta obtida foi o desenvolvimento da macrófita aquática emergente *Typha subulata*, sob três regimes hídricos: (i) lâmina d'água permanente de 10cm; (ii) lâmina d'água oscilante com recarga de 2,5cm a cada 48 horas e decaimento em 48 horas e (iii) lâmina d'água oscilante com recarga de 2,5cm a cada 48 horas e decaimento em 24 horas, com exposição da camada superficial do solo a condições aeróbias 50% do tempo. *Typha subulata* estabeleceu-se satisfatoriamente nestes banhados experimentais, e pode ser recomendada como planta pioneira para condições similares. As diferenças significativas entre os tratamentos mostraram que o fator Regime Hídrico provavelmente interagiu com o substrato em relação à disponibilidade de nutrientes. Os processos de fixação de nitrogênio e de solubilização de fósforo, justificariam o crescimento das plantas ter sido favorecido pela inundação permanente. As informações obtidas poderão indicar redução nos custos de implantação de banhados, como estratégia mitigadora, ao recomendar-se a introdução desta espécie sobre subsolos inundados, sem adição de solo fértil.

Palavras-chave: subsolo como substrato, construção de banhado, macrófitas aquáticas emergentes, regime hídrico.

ABSTRACT: The utilization of subsoil as substrate for constructing emergent wetlands under different hydric regimes. A wet soil may be formed from a well drained upland soil once has been propiciated an anaerobic condition by continuous flood. Aerated eroded soils or subsoils are not normally favorable to biota but they may be when water-logged, becoming appropriated to establishment of wetland vegetation. In this direction, the experiment tested the utility of a B horizon from a Red Yellow Podzolic (hapludult) soil to wetland construction considering the water-logged condition would elevate low pH, would reduce the high one and would increase P availability of this substratum, as questioning if would be limiting the substratum low organic matter and high clay content ($0,62 \pm 0,13$; $36,6 \pm 5,21$, respectively). The response obtained was the development of the emergent aquatic macrophyte *Typha subulata* under three hydric regimes: (i) 10 cm permanent water level; (ii) oscillating water level with 2,5 cm recharge ever 48 and lowering by 48 hours and, e (iii) oscillating water level with 2,5 cm recharge every 48 hours and lowering by 24 hours, with substratum top layer exposition to aerobic conditions 50% of the time. *Typha subulata* got satisfactorily established in these experimental wetlands and may be recommended as pioneer plant for similar conditions. The significative differences among treatments indicated the factor hydric regime probably interact with substratum in relation to nutrients availability. The N fixation and P solubilization could explain the plant growth has been greater under permanent water level. The informations obtained may indicate cost reductions for constructing wetlands, as mitigation strategy, by directions to introduce *Typha subulata* over water-logged subsoils, without fertile topsoil addition.

Key-words: subsoil as substrate, wetland construction, emergent aquatic macrophytes, hydric regime.

INTRODUÇÃO

Na construção de um solo úmido, por ação antrópica, a formação de um sistema solo água segue processos característicos conhecidos (Stumm & Morgan, 1981). Ao aumentar-se a umidade de um solo decresce a taxa de difusão de O_2 no meio (Buckingham, 1904 apud Whitlow & Harris, 1987). No solo inundado, toda a porosidade, de 35 a 60 % em média (Buckman & Brady, 1976), é preenchida por água na qual a taxa de difusão do O_2 é da ordem de 10000 vezes menor do que no solo aerado (Lemon & Kristensen, 1960; Greenwood, 1961). Após a inundação, a atividade microbiana aeróbia remanescente consome o O_2 em poucas horas (Ponnamperuma, 1972), estabelecendo-se então condições anaeróbias que desencadeiam reações físico-químicas e biológicas que resultam em redução do meio e presença das partes reduzidas NH_4^+ , H_2S , Mn^{2+} , Fe^{2+} e CH_4 de suas partes correspondentes oxidadas de solos aerados, NO_3^- , SO_4^{2-} , Mn^{4+} , Fe^{3+} e CO_2 , respectivamente (Ponnamperuma, 1972). O decréscimo no potencial redox diminui a disponibilidade de S e Zn e aumenta disponibilidade de P. O aumento de pH em solos ácidos que são inundados aumenta a disponibilidade de P e Mo enquanto deprime a toxidez do Mn, Al, Fe, CO_2 , ácidos orgânicos e H_2S (Ponnamperuma, 1985). Tais processos dependem da presença de bactérias anaeróbias obrigatórias e facultativas que de alguma forma sobrevivem em solos óxicos e posteriormente desenvolvem-se quando este é submergido (Peters & Conrad, 1996). No entanto os redutores químicos também podem ser quase tão grandes sumidouros de O_2 como a respiração microbiana, dependendo do tipo de solo (Howeler & Bouldin, 1971). A atividade microbiana depende da presença de materiais orgânicos que servem como aceptores de elétrons e doadores de elétrons na respiração anaeróbia assim como fonte de carbono. Desta forma a natu-

reza e quantidade da matéria orgânica determinam a cinética e os produtos da redução (NEUE, 1985) fazendo substratos de diferentes composições atingirem valores similares de potencial redox em períodos diferentes. Assim, um solo com menos de 1,5% de matéria orgânica pode manter pE positivo mesmo seis meses depois de submerso (Ponnanperuma & Castro, 1964; Ponnanperuma, 1965 apud Ponnampereuma, 1972). Os solos reduzidos conservam uma delgada camada oxidada na interface solo-água que pode influenciar o consumo de nutrientes pelas plantas quando o desenvolvimento radicular destas é superficial. Pearsall & Mortimer (1939) estudaram pioneiramente as camadas distintas de oxidação relacionadas à profundidade de penetração do O_2 no solo sendo a espessura desta camada dependente do balanço entre a taxa de difusão do O_2 proveniente da água, e a taxa de consumo deste no solo. Em banhados de cultivo de arroz e em lagos rasos a concentração de O_2 na camada de água acima do solo permanece relativamente alta devido à baixa concentração de organismos consumidores de O_2 , à produção fotossintética de O_2 por algas, à ação do vento e às correntes convectivas (Howeler & Bouldin, 1971). A espessura da camada oxidada varia entre frações de milímetros em solos com alta atividade biológica, 1 ou 2cm em solos de baixa atividade (Howeler & Bouldin, 1971; Peters & Conrad 1996) ou até vários centímetros (Patrick & Mahaprata, 1968). Mesmo sendo delgada esta camada pode ter vários níveis de potencial redox, cada um representando uma transformação redox distinta (Bartlett & James, 1993). A aparente espessura da camada oxidada varia se avaliada pela distribuições isoladas dos vários componentes do seu perfil onde o íon SO_4^{2-} pode representar a camada mais espessa, Mn^{1+} a mais delgada e Fe^{3+} a intermediária (Patrick & Delaune, 1972). O acúmulo de Fe^{3+} na zona oxidada, próxima à interface água-solo, pode implicar na imobilização de P, oriundo da zona reduzida, por Óxidos de Ferro recém precipitados destruindo sua atividade biológica. Mesmo considerando que a disponibilidade de nutrientes não é a mesma ao longo do perfil de níveis de redução, de um modo geral a inundação de um subsolo é benéfica em relação à disponibilização de nutrientes desconsiderando-se os casos especiais de solos tamponados muito ácidos ou muito alcalinos (ver Van Mensvoort et al., 1985). O baixo conteúdo de matéria orgânica é provavelmente o fator mais limitante pois significa baixa disponibilidade de N para o desenvolvimento vegetal. Isto é agravado pela denitrificação uma vez que o solo reduzido age também como um sumidouro de NO_3^- -N que ao atingir a zona reduzida é rapidamente reduzido a N_2 que retorna à atmosfera (Howeler & Bouldin, 1971). No entanto, pode haver no sentido inverso a fixação não simbiótica de N (Kana & Tjepkma, 1978; Bristow, 1973; Buresh et al., 1980; Biesboer, 1984). Alguma inferência para macrófitas aquáticas emergentes pode ser feita a partir de estudos realizados com o arroz, como o de Sparovek et al. (1993) que avaliaram a eficiência relativa, no rendimento das plantas, de oito subsolos para os quais houve uniformidade de produção nas camadas entre 10 e 80cm, condição provavelmente imposta pela restrição no conteúdo de matéria orgânica dos substratos, que para a produtividade máxima do arroz deve ser 4-5% (Neue, 1985).

Tem sido considerada e aproveitada a utilidade de solos de terras altas na construção de banhados tanto para a produção de arroz como para reposição de banhados naturais (Wilding & Rehage, 1985; Kadlec & Knight, 1996). No entanto os subsolos inundados podem ser suficientemente adequados para a construção de banhados. Dadas as condições restritivas, a formação do ecossistema seria propiciada pelo desenvolvimento pioneiro de algumas macrófitas aquáticas emergentes mais adaptadas a tal situação. Neste sentido este trabalho procurou testar a viabilidade do horizonte B de um solo Podzólico Vermelho Amarelo para a construção de um banhado a partir do estabelecimento de *Typha subulata* Cresp & Per.-Mor (Crespo & Perez-Moreau, 1967).

MATERIAL E MÉTODOS

O substrato utilizado foi o de um horizonte B característico de solo pertencente à Unidade de Mapeamento Camaquã (Podzólico Vermelho Amarelo; Hapludult; Orthic Acrisols) que são solos originados de granito. As características do horizonte B neste solo são: fraca a moderada estrutura em blocos subangulares; friável a firme, plástico e pegajoso com pH ácido (BRASIL, 1972). O substrato continha ainda caliza de obra o que lhe conferiu maior pH e maiores teores de S e de bases do que o solo acima descrito. No mês de janeiro, a partir dos resultados da análise do substrato feita em dezembro, as parcelas com pH inferior a 6,5 foram corrigidas com calcário aplicado na superfície e incorporado à profundidade de 15cm. Objetivou-se com isto a uniformização das parcelas experimentais em relação a porcentagem de Saturação de Bases, teores de Cálcio, Alumínio e Manganês. Cinco meses depois, antes do plantio e após dois meses de inundações que possibilitaram a predominância do estado de saturação do solo com água, foi realizada outra análise do substrato para controle dos resultados da calagem e identificação das condições iniciais do experimento (Tab. 1).

Os banhados receberam irrigações com água tratada para abastecimento. Nos banhados sob regimes hídricos 3 e 2 (RH3 e RH2) lâminas d'água de 2,5cm foram aplicadas superficialmente, a cada 48 horas. O RH3 perdia esta lâmina no período de 24 horas permitindo a seguir a exposição da camada superficial do substrato ao ar. O RH2 teve duas etapas, sendo a primeira nos dois meses iniciais (maio e junho) quando era mantido saturado mas sem lâmina d'água e o último nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro nos quais após 48 horas mantinha-se ainda com uma lâmina d'água de 1 a 2cm. O banhado com regime hídrico 1 (RH1) foi mantido permanentemente com uma lâmina de 10cm, com necessidade de adições para repor perdas por evapotranspiração. As parcelas foram preparadas para não ter declividade superficial ou de fundo e assim caracterizarem-se por infiltração de toda a lâmina (sob RH2 e RH3), sem escoamento superficial.

Os propágulos vegetativos de *Typha subulata* foram coletados em local próximo à área experimental em abril de 1996. O preparo foi feito cortando-se as folhas a uma altura de 10cm e os rizomas com 8 a 10cm de comprimento. As raízes foram deixadas com no máximo 2cm de comprimento. A introdução nos banhados foi feita na última semana de abril e na primeira de maio do ano de 1996. Os propágulos foram colocados em pequenas covas individuais (10 x 5cm) cobrindo-se rizomas e raízes com substrato e deixando-se totalmente fora a porção da parte aérea original. Nos banhados sob regimes hídricos RH3 e RH2 a introdução foi feita no substrato drenado e em seguida inundado até a saturação. Nos banhados sob regime hídrico de lâmina d'água permanente (RH1), o plantio foi feito já tendo sido colocada a lâmina d'água característica.

As variáveis resposta observadas foram, Espessura e Largura à Meia-Altura da Folha mais Alta por Planta (Espessura e Largura, respectivamente), Altura da Folha Mais alta por Planta (Altura), Número de Folhas por Planta (N. Folhas) e Número de Brotos por Planta (N. Brotos). A significância das diferenças entre as médias foi testada por Análise de Variância Univariada (ANOVA) (Cochran & Cox, 1964). As médias das unidades experimentais foram obtidas de dezesseis plantas menos as mortas, e as médias dos tratamentos foram obtidas de oito repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calagem atingiu o objetivo de uniformizar os teores de Al, Mn assim como o percentual de Saturação de bases, mas não elevou o pH para 7 naquelas parcelas com maior teor de argila (Tab. I). As condições de saturação do substrato antes do plantio foram suficientes para elevar o pH das parcelas experimentais, que não receberam calcário, de $6,23 \pm 0,64$ para $7,49 \pm 0,20$ (Tab. I).

Para todas as variáveis observadas, ao longo de todo o período, ocorreram sempre as maiores médias sob o regime hídrico de lâmina d'água permanente. No entanto, para N. Brotos diferenças significativas ocorreram somente em novembro (Fig. 1). Espessura, Largura, Altura e N. Folhas desenvolveram-se mais rapidamente sob RH1 evidenciando o ambiente mais favorável ao estabelecimento pioneiro desta espécie em substrato tipo subsolo nestas condições de lâmina d'água permanente (Fig. 1 e Fig. 2). Sob RH2 e RH3 houve uma tendência de compensação entre Altura com N. Brotos e Altura com N. Folhas, não sendo possível distinguir quais dos dois ambientes foi mais favorável, pois estes desencadearam estratégias diferentes, havendo sob RH2 menos folhas e brotos mais desenvolvidos e sob RH3 mais brotos e folhas menos desenvolvidos.

Os efeitos físicos de Regimes Hídricos sobre os substratos foram diferenciados. Nos banhados sob RH3 e sob RH2 observou-se um substrato denso e firme, enquanto que nas parcelas sob RH1 o substrato era mole e solto sem estrutura compacta. O alto percentual de argila dos substratos usados ($36,6 \pm 5,21$) (Tab. I) provavelmente teve efeito restritivo sobre o desenvolvimento de *Typha subulata*, amenizado nos banhados sob RH1 pela maior condição de porosidade do substrato neste. As limitações que substratos argilosos e compactados podem causar ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas estão relacionadas à resistência mecânica à penetração de rizomas e raízes e a impermeabilização à água que se mantém na superfície (Wein et al., 1987; Allen et al., 1989) nestas condições o enraizamento pode restringir-se a superfície do substrato argiloso, em crescimento hidropônico (Adcock et al., 1995). Sob RH2 o substrato era menos adensado próximo a superfície dada a presença da pequena lâmina oscilante, o que favoreceu o desenvolvimento radicular superficial na camada oxidada de menos disponibilidade de P.

Pode existir variação interespecífica em relação à afinidade das macrófitas aquáticas a diferentes tipos de substrato, algumas espécies de *Typha* ocupam áreas de substrato mole (Weisner, 1991). Isto está de acordo com as observações qualitativas das parcelas do RH1 nas quais *T. subulata* desenvolveu maior comprimento de rizoma entre brotos sucessivos e pode desenvolver-se rapidamente na direção das outras subparcelas o que não ocorreu em banhados sob RH3. Desta forma, os melhores resultados de *T. subulata* sob RH1 podem ter estado associados ao maior desenvolvimento de raízes através do substrato permeável à penetração destas, considerando-se que as raízes percorreram um espaço maior, absorveram uma maior quantidade de nutrientes e puderam, então, promover o crescimento da parte aérea, além do seu próprio desenvolvimento.

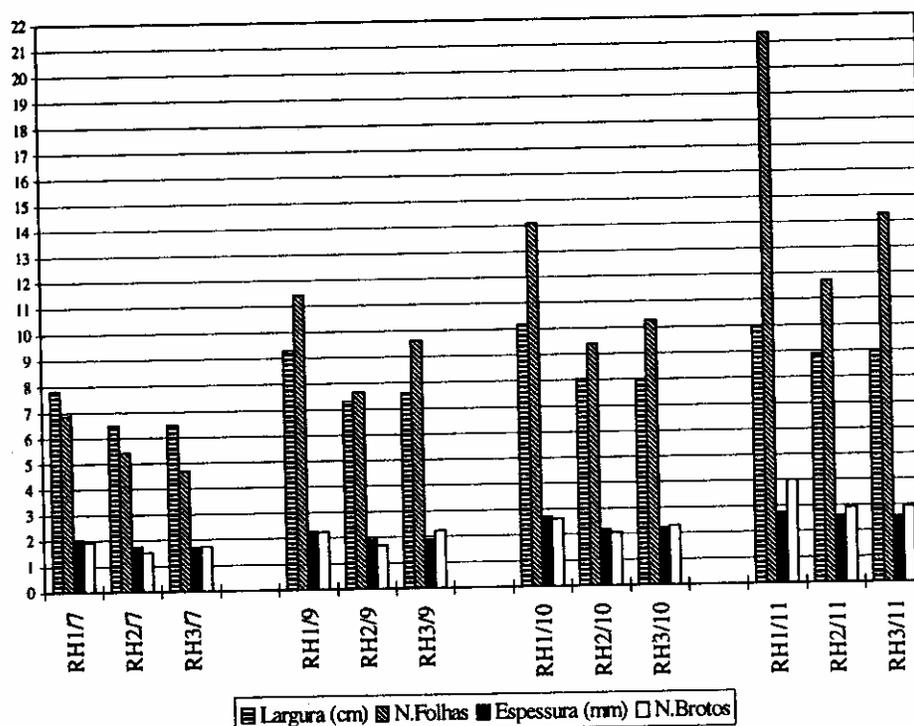
O substrato, além do efeito físico que pode ter sido restritivo, possuía teores muito baixos de nutrientes. O teor de argila nos substratos utilizados estava associado negativamente aos teores de P (-0,72), K (-0,46) e matéria orgânica (-0,20) e positivamente aos compostos que reduzidos podem representar alguma toxidez, S (0,63) e Mn (0,37) (Tab. II). *Typha subulata* apresentou em todos os tratamentos crescimento menor do que o observado no local de coleta dos propágulos. Considerou-se que a falta de nutrientes no substrato foi um dos fatores limitantes. Comparando-se os teores de Matéria Orgânica, P e K no substra-

Tabela I. Resultados da análise de solo do substrato em dezembro de 1995 e abril de 1996.

RH/R	pH		P(ppm)		K(ppm)		MO(%)		%SB		Fe(%)
	dez	abr	dez	abr	dez	abr	dez	abr	dez	abr	abr
1/1	6.8	7.5	3	3	100	79	0.6	0.7	90.8	94.1	0.09
*1/2	6.2	6.7	3	2	92	74	0.5	0.7	85.4	82.9	0.07
*1/3	5.2	5.8	2	2	85	68	0.5	0.5	75.3	86.5	0.06
*1/4	5.8	6.7	2	2	93	77	0.8	0.8	85.7	93.4	0.07
2/1	6.4	7.4	3	6	100	98	0.7	0.6	91.8	95.6	0.06
2/2	6.6	7.4	3	3	108	98	0.6	0.6	1.7	94.8	0.07
2/3	6.6	7.4	2	3	116	116	0.7	0.6	92.4	94.7	0.08
*2/4	5.3	7.5	2	3	84	88	0.4	0.5	73.0	95.0	0.05
3/1	6.5	7.6	3	6	100	106	0.5	0.7	90.6	95.5	0.10
3/2	7.1	7.9	3	5	112	111	0.7	0.7	93.4	95.8	0.09
*3/3	5.3	6.3	2	2	103	84	0.3	0.5	76.4	91.7	0.1
3/4	7.0	7.2	4	4	127	118	0.8	0.7	94.4	95.9	0.06
M	6.23	7.12	2.66	3.41	101.7	93.08	0.59	0.62	86.74	90.5	0.075
DP	0.64	0.58	0.62	1.44	12.12	16.43	0.15	0.13	7.34	8.47	0.016

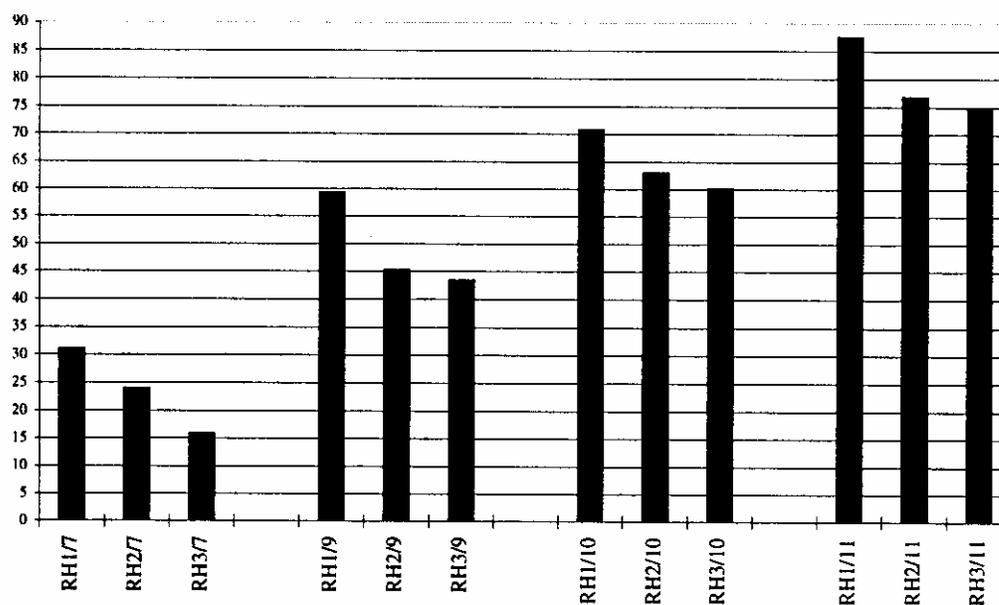
RH/R	S(ppm)		Mn(ppm)		Zn(ppm)		Ca(me/dl)		Al(me/dl)		Argila(%)	
	dez	abr	dez	abr	dez	abr	dez	abr	dez	abr	dez	abr
1/1	39.8	30.4	2	1	2.7	2.4	5.5	6.4	0.0	0.0	35	35
*1/2	30.7	25.4	6	4	0.8	1.2	3.6	2.9	0.0	0.0	35	35
*1/3	40.4	40.4	10	5	0.5	1.0	2.6	4.2	0.6	0.0	49	44
*1/4	48.2	43.4	4	1	0.9	1.2	4.4	8.3	0.0	0.0	51	46
2/1	36.6	46.4	1	1	2.7	3.8	6.0	8.3	0.0	0.0	35	34
2/2	38.2	37.0	2	1	2.6	6.8	6.5	6.8	0.0	0.0	35	40
2/3	34.9	36.4	2	1	3.6	3.0	7.3	6.7	0.0	0.0	35	38
*2/4	35.8	32.1	6	1	1.0	1.9	2.1	6.3	0.4	0.0	35	34
3/1	39.0	30.4	2	1	2.0	3.4	5.3	7.4	0.0	0.0	35	30
3/2	33.6	25.4	1	1	3.5	3.9	6.9	8.0	0.0	0.0	35	32
*3/3	42.4	49.8	8	2	1.1	4.0	2.4	5.5	0.4	0.0	48	42
3/4	28.0	23.7	1	1	4.3	3.7	7.8	8.4	0.0	0.0	34	29
M	37.3	35.0	3.75	1.66	2.16	3.25	5.03	6.61	0.11	0.0	38.5	36.58
DP	5.13	8.25	2.91	1.31	1.22	1.57	1.91	1.64	0.2	0.0	6.29	5.21

RH: Regime Hídrico; R: Repetição; M: média; DP: Desvio Padrão; * parcelas que receberam calcário; %SB: Percentagem de saturação de bases; RH1: substrato com lâmina d'água permanente de 10cm; RH2: substrato com lâmina d'água oscilante com recarga de 2,5 cm a cada 48 horas e decaimento em 48 horas; RH3: lâmina d'água oscilante com recarga de 2,5cm a cada 48 horas e decaimento em 24 horas, com exposição da camada superficial a condições aeróbias



	julho	setembro	outubro	novembro
Largura	RH1>RH3≅RH2	RH1>RH3≅RH2	RH1>RH2≅RH3	RH1>RH2
P(%)	1	0.2	< .1	3.5
N. Folhas	RH1>RH3	RH1>RH3>RH2	RH1>RH3≅RH2	RH1>RH3≅RH2
P(%)	1.9	1.6	< .1	< .1
Espessura	RH1>RH2≅RH3	RH1>RH2≅RH3	RH1>RH3≅RH2	RH1≅RH2≅RH3
P(%)	0.4	0.8	0.5	22.5(NS)
N. Brotos	RH1≅RH3≅RH2	RH1≅RH3≅RH2	RH1≅RH3≅RH2	RH1>RH3≅RH2
P(%)	13.4(NS)	6(NS)	7.2(NS)	1.4

Figura 1 - Diferenças no desenvolvimento da parte aérea de *Typha subulata* nos três regimes hídricos e ao longo do tempo. RH: Regime Hídrico; RH1: substrato com lâmina d'água permanente de 10cm; RH2: substrato com lâmina d'água oscilante com recarga de 2,5cm a cada 48 horas e decaimento em 48 horas; RH3: lâmina d'água oscilante com recarga de 2,5cm a cada 48 horas e decaimento em 24 horas, com exposição da camada superficial a condições aeróbicas; 7: Julho; 9: Setembro; 10: Outubro; 11: Novembro; Espessura: Espessura à meia altura da folha mais alta por planta; Largura: Largura à meia-altura da folha mais alta por planta; N. Folhas: Número de folhas total por planta; N. Brotos: Número de brotos por planta; RH1>RH2@RH3: a média de RH1 é significativamente maior do que a média de RH2 que não é significativamente maior do que a média de RH3. Quando um dos tratamentos não aparece na comparação este não difere significativamente de nenhum dos outros; P: Probabilidade de erro de rejeitar-se a hipótese de que não há diferença entre médias; NS: não há diferenças significativa entre os tratamentos.



Altura P(%)	julho	setembro	outubro	novembro
	RH1>RH2>RH3 < .1	RH1>RH2≅RH3 < .1	RH1>RH2≅RH3 0.2	RH1>RH2≅RH3 0.5

Figura 2 - Diferenças na altura da folha mais alta por planta em *Typha subulata* nos três regimes hídricos e ao longo do tempo. RH: Regime Hídrico; RH1: substrato com lâmina d'água permanente de 10cm; RH2: substrato com lâmina d'água oscilante com recarga de 2,5cm a cada 48 horas e decaimento em 48 horas; RH3: lâmina d'água oscilante com recarga de 2,5cm a cada 48 horas e decaimento em 24 horas, com exposição da camada superficial a condições aeróbias; 7: Julho; 9: Setembro; 10: Outubro; 11: Novembro; RH1>RH2@RH3: a média de RH1 é significativamente maior do que a média de RH2 que não é significativamente maior do que a média de RH3. Quando um dos tratamentos não aparece na comparação este não difere significativamente de nenhum dos outros; P: Probabilidade de erro de rejeitar-se a hipótese de que não há diferença entre médias.

to utilizado (Tab. I), considera-se que o N seria o elemento mais crítico na condição de inundação permanente, pois a mineralização neste seria mais lenta. Normalmente em banhados construídos para a produção de arroz ou em banhados naturais o N é o nutriente limitante (Buresh et al., 1980). Nestas condições pode ocorrer fixação microbiológica de N. Solos inundados tendem a ter sítios mais favoráveis para a fixação de Nitrogênio, não simbiótica, do que solos bem drenados (Buresh et al., 1980). Para *T. latifolia* e *S. polyphyllus* Kana & Tjepkma (1978) obtiveram valores de 181 ± 33 g N/ha/dia e 100 ± 16 g N/ha/dia, respectivamente, de taxas estimadas de fixação de Nitrogênio nas zonas das raízes, por

microorganismos não simbióticos. Para, o arroz cultivado, Watanabe et al. (1978) encontraram taxa de fixação na zona das raízes de 50g N/ha/dia. A fixação simbiótica de Nitrogênio justificaria em parte o estabelecimento destas espécies em substratos com teores de matéria orgânica baixos ($0,62 \pm 0,07$) onde a mineralização de 2% da matéria orgânica /ano representaria 34g/ha/dia de Nitrogênio na forma de Amônio. Esta quantidade não seria suficiente para as espécies cultivadas em geral (Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 1994). Por exemplo o arroz cultivado em banhados, que necessita para uma produção de 44 toneladas de biomassa fertilizações com aproximadamente o equivalente a 800g/ha/dia, durante seu seu ciclo (Malavolta, 1976).

Outra possível fonte de Nitrogênio pode ter sido a precipitação atmosférica. Em estudo na região metropolitana de Porto Alegre foram observados valores médios que variaram de 2,54 a 8,66kg/ha/ano de Nitrato dependendo da época de observação se menos ou mais chuvosa respectivamente (outubro/85-março/86 e dezembro/86-novembro/87) (Instituto de Pesquisas Hidráulicas-UFRGS, 1988). Tais quantidades (equivalentes a 1,6 a 5,4g/ha/dia de N) mesmo sendo proporcionalmente pequenas em relação às necessidades das plantas podem ser similares ao que potencialmente poderia ter sido disponibilizado pela mineralização de 0,1 a 0,5% da matéria orgânica, que seria 1,7 e 8,5g/ha/dia de N, respectivamente.

Os baixos teores de P ($2,66 \pm 1,33$) (Tab. I) não seriam limitantes em solos alagados como aqueles de N (Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 1994). Neste sentido, P possivelmente foi mais disponível sob RH1 do que sob os outros Regimes Hídricos, onde possivelmente foi limitante considerando que inundação contínua pode melhorar a disponibilidade de P e inundações e drenagens consecutivas podem diminuir a disponibilidade em relação às condições do solo drenado original (Saleque et al., 1996). Estes processos, de fixação de N e solubilização de P, justificariam em parte o estabelecimento das plantas no substrato tipo subsolo, deste experimento, com pouca disponibilidade de nutrientes, ter sido favorecido pela inundação permanente com 10cm de lâmina d'água.

Tabela II. Correlações entre componentes do substrato.

	pH	P	K	MO	% SB	S	Mn	Fe	Argila	Zn
pH	1									
Fósforo	0,68	1								
Potássio	0,38	0,33	1							
M.O.	0,37	0,17	0,41	1						
%SB	0,73	0,61	0,47	0,17	1					
Enxofre	-0,35	-0,02	-0,27	-0,35	0,10	1				
Manganês	-0,79	-0,50	-0,46	-0,36	-0,93	-0,02	1			
Ferro	0,01	-0,24	0,22	0,23	-0,04	-0,13	-0,02	1		
Argila	-0,70	-0,72	-0,46	-0,20	-0,37	0,63	0,37	0,06	1	
Zn	-0,05	0,16	-0,04	0,27	-0,23	0,02	0,26	0,34	-0,05	1
Ca	0,01	0,08	-0,30	0,23	-0,12	-0,14	-0,00	0,09	-0,23	0,41

CONCLUSÕES

Nas condições experimentais adotadas, pôde-se chegar a algumas conclusões preliminares. O substrato tipo subsolo inicialmente com baixos teores de Fósforo, Potássio e matéria orgânica, alto teor de argilas e pH neutro ($2,66 \pm 0,62$, $93,08 \pm 16,43$, $0,62 \pm 0,13$, $36,6 \pm 5,21$ e $7,12 \pm 0,58$, respectivamente) permitiu o estabelecimento e sobrevivência de *Typha subulata* em banhados experimentais. A permanência de lâmina d'água (10 cm acima do substrato), desde o início da introdução dos propágulos nos banhados, foi mais favorável ao estabelecimento do que os outros regimes hídricos testados. Todavia, este efeito da lâmina provavelmente relacionado à maior disponibilização de nutrientes não pode ser dissociado do efeito de maior porosidade no substrato, nas condições deste experimento. Neste sentido, outros estudos seriam necessários de forma a testar os efeitos de lâmina d'água e adensamento do substrato em diversas combinações. A compactação do substrato pode ser evitada com o revolvimento deste exatamente antes da inundação. Para *Typha subulata* ter um melhor desenvolvimento como pioneira este procedimento pode ser necessário. Apesar do crescimento limitado, se comparado com o crescimento dos banhados naturais, *Typha subulata* estabeleceu-se satisfatoriamente neste substrato tipo subsolo e pode ser recomendada para introdução como planta pioneira, nestas condições, sem adição de adubos ou solo fértil.

Agradecimentos

Ao CNPq, CAPES e IPH/UFRGS pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS CITADAS

- Adcock P.W.; Ryan, G.L.; Osborne, P.L. 1995. Nutrient partitioning in a clay-based surface flow wetland. In: Kadlec, R.H.; Brix, H. (eds). Water science & technology. Oxford: Elsevier, v.32, n.3, p.203-209.
- Allen, H.H.; Pierce, G.J.; Van Wormere, R. 1989. Considerations and techniques for vegetation establishment in constructed wetlands. In: Hammer, D.A. (ed.). Constructed wetlands for wastewater treatment. London: Lewis, p.405-415.
- Bartlett, R.J.; James, B.R. 1993. Redox chemistry of soils. Advances in Agronomy, v.50, p.151-209.
- Biesboer, D.D. 1984. Nitrogen fixation associated with natural and cultivated stands of *Typha latifolia* L. (Typhaceae). American Journal of Botany, v. 71, p.505-511.
- BRASIL. 1972. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife. 431 p. (Boletim Técnico, 30).
- Bristow, J.M. 1973. Nitrogen fixation in rhizosphere of fresh water angiosperms. Canadian Journal of Botany, v.52, p.212-221.
- Buckingham, E. 1904. Contributions to our knowledge of the aeration of soils. US Bureau of Soils Bulletin, n.25.
- Buckman, H.O.; Brady, N.C. 1976. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 594p.
- Buresh, R.J.; Casselman, M.E.; Patrick, W.H. 1980. Nitrogen fixation in flooded soil systems, a review. Advances in Agronomy, v.33, p.149-192.
- Cochran, W.G.; Cox, G.M. 1964. Experimental designs. New York: J.Wiley, 611p.
- Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC. 1994. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Passo Fundo: SBSC-Núcleo Regional Sul, 224p.

- Crespo, S.; Perez-Moreau, R.L. 1967. Revisión del género *Typha* en Argentina. *Darwiniana*, v.14, n.2/3, p.413-429.
- Greenwood, D.J. 1961. The effect of oxygen concentration on the decomposition of organic materials in the soil. *Plant Soil*, v.14, p.360-376.
- Howeler, R.H.; Bouldin, D.R. 1971. The diffusion and consumption of oxygen in submerged soils. *Proceedings of the Soil Science Society of America*. Madison: SSSA, v.35, p.202-208.
- Kadlec, R.H.; Knight, R.L. 1996. *Treatment wetlands*. New York: Lewis, 893p.
- Kana, T.M.; Tjepkema, J.D. 1978. *Canadian Journal of Botany*. v.56, p.2636-2640.
- Lemon, E.R.; Kristensen, J. 1960. An edaphic expression of soil structure. In: *Congress of Soil Science*, 7, v.1, p.232-240.
- Malavolta, E. 1976. *Manual de Química Agrícola*. São Paulo: Agronômica Ceres, 528 p
- Neuc, H.U. 1985. Organic matter dynamics in wetlands soils. In: *Wetland Soils: Characterization, Classification, and Utilization, 1984, Los Baños, Proceedings...* Los Baños, IRRI, P.109-122.
- Patrick, W.H.; Delaune, R.D. 1972. Characterization of the oxidized and reduced zones in flooded soils. *Proceedings of the Soil Science Society of America*. Madison: SSSA, v.36, p.573-576.
- Patrick, W.H.; Mahapatra, I.C. 1968. Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soils. *Advances in Agronomy*, v.20, p.323-359.
- Pearsall, W.H.; Mortimer, C.H. 1939. Oxidation-reduction potencial in water-logged soils, natural waters and muds. *Journal of Ecology*, p.483-501.
- Peters, V.; Conrad, R. 1996. Sequential reduction processes and initiation of CH₄ production upon flooding of oxic uplands soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v.28, n.3, p.371-382,
- Ponnamperuma, F.N.; Castro, R.U. 1964. *Trans.Int.Congr.Soil Sci.*, 8th, v.3, p.379-386.
- Ponnamperuma, F.N. 1965. In: *The mineral nutrition fo the rice plant*. Baltimore: John Hopkins, p.295-328.
- Ponnamperuma, F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, v.24, p.29-96.
- Ponnamperuma, F.N. 1985. Chemical kinetics of wetland soils relative to soil fertility. Neuc, H.U. Organic matter dynamics in wetlands soils. In: *Wetland Soils: Characterization, Classification, and Utilization, 1984, Los Baños, Proceedings...* Los Baños, IRRI, P.109-122.
- Saleque, M.A.; Abedin, M.J.; Bhuiyan, N.I. 1996. Effect of moisture and temperature regimes on available phosphorus in wetland rice soils. *Communications on Soil Science and Plant Analysis*, v.27, n.9-10, p.2017-2023.
- Sparovek, G.; Jong Van Lier, Q.; Aloisi, R.R.; Vidal-Torrado, P. . 1993. Previsão do rendimento de uma cultura em solos de Piracicaba em função da erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, p.465-470
- Stumm, W.; Morgan, J.J. 1981. *Aquatic chemistry - an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters*. New York: J.Wiley, 780p.
- Van Mensvoort, M.E.; Lantin, R.S.; Brinkman, R.; Van Breemen, N. 1978. Toxicities of wetlands soils. In: *Wetland Soils: Characterization, Classification, and Utilization, 1984, Los Baños, Proceedings...* Los Baños, IRRI, 1985. P.123-138.
- Watanabe, I. In: *Soils and Rice*. Los Baños: IRRI, p.465-478.
- Weisner, S.E.B. 1991. Within lake patterns in depth penetration of emergent vegetation. *Freshwater Biology*, v.26, p.133-142.
- Whitlow, T.H.; Harris, R.W. 1979. Flood tolerance in plants: a state-of-the-art review. Washington: US Army Corps of Engineers, 161p. (Technical report, E-79-2).
- Wilding, L.P.; Rehage, J.A. 1985. Pedogenesis of soils with aquatic moisture regimes. In: *Wetland Soils: Characterization, Classification, and Utilization, 1984, Los Baños, Proceedings...* Los Baños, IRRI, P.139-157.